

การทดลองที่ 7

เรื่อง ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะของปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ของความเข้มและความถี่ของแสงที่มีผลต่อปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

ทฤษฎี

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric Effect) เป็นปรากฏการณ์เมื่อแสงที่มีค่าความยาวคลื่นหรือความถี่ค่าหนึ่งตกกระทบบนโลหะหรือตัวกลางและทำให้อนุภาคที่มีค่าประจุเกิดจากการหลุดออกจากโลหะนั้นๆ ซึ่งปรากฏการณ์นี้เป็นปรากฏการณ์ที่ช่วยในการอธิบายลักษณะของแสงที่นอกจากประพฤติตัวในลักษณะคลื่นแล้วยังสามารถพิจารณาในลักษณะกลุ่มก้อนของพลังงานได้

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกถูกค้นพบในปี พ.ศ. 2430 โดย ไฮน์ริช รูคส์ฮอฟ แสทซ์ นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ซึ่งเขาได้สังเกตเห็นว่าแสงเมื่อตกกระทบบนโลหะจะมีอนุภาคที่มีค่าประจุหลุดออกมา และในปี พ.ศ. 2441 ทอมสันนักฟิสิกส์ชาวอังกฤษได้ทำการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนระหว่างประจุต่อมวลของอนุภาค และพบว่ามีความเท่ากันประจุของอิเล็กตรอน จึงเรียกอนุภาคนั้นว่า โฟโตอิเล็กตรอน (Photoelectron) ซึ่งมีค่าพลังงานจลน์

$$E_k = eV_s \quad (1.1)$$

เมื่อ V_s คือความต่างศักย์หยุดยั้ง (stopping potential)

ซึ่งในการทดลองของทอมสันสามารถได้ผลการทดลองได้ ดังนี้

- เมื่อให้ความเข้มของแสงเพิ่มมากขึ้นพบว่า จำนวนของโฟโตอิเล็กตรอน มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นตาม
- โฟโตอิเล็กตรอนจะเกิดเมื่อ ความถี่ของแสงที่ตกกระทบบนโลหะมีค่าอย่างน้อยเท่ากับความถี่ขีดเริ่ม
- ค่าพลังงานจลน์ขึ้นกับความถี่ของแสง ไม่ขึ้นกับความเข้มของแสงที่ตกกระทบบน

แต่จากผลการทดลองของทอมสันพบว่า ไม่สามารถอธิบายผลการทดลองโดยการพิจารณาแสงเป็นคลื่นได้ครบถ้วน ซึ่งต่อมาไอน์สไตน์ ได้เป็นผู้ที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกได้ครบถ้วน ด้วยการพิจารณาแสงเป็นก้อนพลังงานหรือที่เรียกว่า โฟตอน (Photon) โดยที่โฟตอนมีค่าพลังงานเท่ากับ

$$E = hf \quad (1.2)$$

เมื่อ h คือ ค่าคงที่ของพลังค์ 6.625×10^{-34} J.s

f คือ ความถี่ของแสงที่ตกกระทบโลหะ

เมื่อโฟตอนตกกระทบโลหะ จะเกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างโฟตอนและอิเล็กตรอนของโลหะ ซึ่งการการที่จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมาจากโลหะต้องมีการถ่ายเทค่าพลังงานให้มากกว่าค่าพลังงานที่ยึดเหนี่ยวอิเล็กตรอนของโลหะไว้ที่เรียกว่า ฟังก์ชันงาน (work function; W) ดังนั้นค่าพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนสามารถคำนวณได้จาก

$$E_{k(max)} = hf - W \quad (1.3)$$



รูปที่ 1.1 ชุดทดลองปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

อุปกรณ์

- | | | |
|--------------------------------------|---|---------|
| 1. ชุดทดลองปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก | 1 | เครื่อง |
| 2. หลอด LED ที่มีความยาวคลื่นต่างกัน | 5 | หลอด |

วิธีทำการทดลอง

ตอนที่ 1 หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างศักย์หยุดยั้ง (V) กับความเข้มแสง (%)

1. จัดอุปกรณ์การทดลองตามรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 การจัดอุปกรณ์การทดลอง

2. ต่อหลอด LED สีแดง (611 nm) เข้ากับตัวเครื่อง
3. ปรับความเข้มแสงที่ปุ่มปรับความเข้มให้มีค่าความเข้มแสงที่ 25 %
4. ค่อยๆปรับค่ากระแสไฟฟ้าจนได้ค่ากระแสไฟฟ้าเป็นศูนย์ (สามารถปรับปุ่มปรับละเอียดช่วยในการปรับค่าได้)
5. อ่านค่าศักย์หยุดยั้งจากโวลต์มิเตอร์ บันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 1
6. เปลี่ยนค่าความเข้มแสงตามตารางบันทึกผลตอนที่ 1

ตอนที่ 2 หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์หยุดยั้งและความถี่ของแสง

1. จัดอุปกรณ์การทดลองตามรูปที่ 1.2
2. ต่อหลอด LED สีแดง (611 nm) เข้ากับตัวเครื่อง
3. ปรับความเข้มแสงที่ปุ่มปรับความเข้มให้มีค่าความเข้มแสงที่ 75 % ใช้ความเข้มแสงนี้ตลอดการทดลอง

ทดลอง

4. คำนวณค่าความถี่ของแสงจากสมการ $v = f\lambda$ กำหนดให้ $v = 3 \times 10^8$ m/s
5. ค่อยๆปรับค่ากระแสไฟฟ้าจนได้ค่ากระแสไฟฟ้าเป็นศูนย์ (สามารถปรับปุ่มปรับละเอียดช่วยในการปรับค่าได้)
6. อ่านค่าศักย์หยุดยั้งจากโวลต์มิเตอร์ บันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 2
7. เปลี่ยนหลอด LED ตามค่าความยาวคลื่นที่กำหนดไว้ในตารางบันทึกผลตอนที่ 2
8. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างศักย์หยุดยั้ง (แกน y) กับความถี่ของแสง (แกน x)

บันทึกผลการทดลองที่ 7
ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

ตอนที่ 1 หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างศักย์หยุดยั้ง (V_s) กับความเข้มแสง (%)

สีแสง (611 nm)	ค่าศักย์หยุดยั้ง V_s			เฉลี่ย
ความเข้มของแสง %	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
25	0.072	0.072	0.072	0.072
35	0.072	0.072	0.072	0.072
55	0.072	0.072	0.072	0.072
65	0.072	0.072	0.072	0.072

ตอนที่ 2 หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์หยุดยั้งและความถี่ของแสง

ความยาวคลื่น (λ) (nm)	ความถี่แสง (f) (Hz)	ค่าศักย์หยุดยั้ง V_s (V)			เฉลี่ย
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
611	4.9100×10^{14}	0.072	0.072	0.072	0.072
588	5.1020×10^{14}	0.154	0.154	0.154	0.154
525	5.7143×10^{14}	0.472	0.472	0.472	0.472
505	5.9406×10^{14}	0.514	0.514	0.514	0.514
472	6.3559×10^{14}	0.653	0.653	0.653	0.653

วิธีการคำนวณ

$$v = f \lambda$$

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง